

①9 BUNDESREPUBLIK
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES
PATENTAMT

⑫ Patentschrift
⑩ DE 38 25 863 C 2

⑳ Aktenzeichen: P 38 25 863.3-31
㉑ Anmeldetag: 29. 7. 88
㉒ Offenlegungstag: 1. 2. 90
㉓ Veröffentlichungstag
der Patenterteilung: 17. 8. 95

⑤1 Int. Cl.⁸:
H 04 J 13/00
H 04 B 7/218 ZG-SY
H 04 B 1/69

EINGANG: FTP

14. APR. 1999

Innerhalb von 3 Monaten nach Veröffentlichung der Erteilung kann Einspruch erhoben werden

㉓ Patentinhaber:
ANT Nachrichtentechnik GmbH, 71522 Backnang, DE

⑥1 Zusatz zu: P 37 43 732.1

㉔ Erfinder:
Lechler, Siegfried, Ing.(grad.), 7154 Althütte, DE

⑤5 Für die Beurteilung der Patentfähigkeit
in Betracht gezogene Druckschriften:

DE 37 43 732 C2
DE 37 43 732 A1
ALDINGER, Michael, HEROLD, Wolf-Eckart, KRICK,
Wolfgang: Spektrale Spreizung als
Multiplex-Verfahren - Eine Einführung. In:
Nachrichtentechnische Zeitschrift (NTZ), H.3,
S.79-88;
LIEBOLD, Reinhardt: Verbesserung des Ein-
rastverhaltens von Phasenregelkreisen. In: radio
fernsehen elektronik, 1983, H.4, S.262;

⑤4 Verfahren zur Synchronisierung eines Codewortes mit einem empfangenen spektral gespreizten Signal

DE 38 25 863 C 2

By Express Mail
No. EL 727707794 US

DE 38 25 863 C 2

Die Erfindung betrifft ein Verfahren gemäß dem Oberbegriff des Patentanspruchs 1 sowie Schaltungen zur Durchführung dieses Verfahrens. Ein solches Verfahren ist Gegenstand des Hauptpatents 37 43 732.

Beim Empfang von spektral gespreizten Signalen ist die Synchronisierung eines Codewortes erforderlich. Dabei erfolgt zunächst ein Suchvorgang, an den sich bei Erreichen der Synchronisierung eine Nachführregelung zur Aufrechterhaltung der Synchronisierung anschließt. Bei bekannten Verfahren läuft der Suchvorgang derart ab, daß ein Codewort nacheinander mit unterschiedlichen Phasenlagen mit dem empfangenen Signal verglichen und bei Korrelation auf die Nachführregelung umgeschaltet wird (NTZ, 1975, Heft 3, Seiten 79 bis 88).

Bei vielstelligen Codewörtern kann der Suchvorgang erhebliche Zeit beanspruchen. Mit dem Verfahren nach dem Hauptpatent wird eine wesentliche Verkürzung der Suchzeit dadurch erzielt, daß das Codewort wiederholt in jeweils mehreren unterschiedlichen Phasenlagen erzeugt wird und mit den unterschiedlichen Phasenlagen jeweils mit dem empfangenen Signal gemischt wird, daß während des Suchvorgangs zwischen den wiederholt erzeugten Codewörtern Pausen erfolgen und daß der Suchvorgang beendet wird, wenn in mindestens einer der unterschiedlichen Phasenlagen eine Korrelation zwischen dem Codewort und dem empfangenen Signal festgestellt wird.

Aufgabe der vorliegenden Erfindung ist es, das Verfahren nach dem Hauptpatent dahingehend weiterzubilden, daß ein besonders vorteilhafter Übergang zwischen dem Suchvorgang und der Nachführregelung ermöglicht wird.

Das erfindungsgemäße Verfahren mit den kennzeichnenden Merkmalen des Anspruchs 1 hat den Vorteil, daß der Suchvorgang gegenüber den bekannten Verfahren wenig Zeit in Anspruch nimmt und daß in kurzer Zeit nach der Beendigung des Suchvorgangs eine Nachführregelung aktiviert werden kann, selbst wenn diese einen geringen Haltebereich aufweist.

Durch die in den Unteransprüchen aufgeführten Maßnahmen sind vorteilhafte Weiterbildungen und Verbesserungen der im Hauptanspruch angegebenen Erfindung möglich.

Ausführungsbeispiele der Erfindung sind in der Zeichnung anhand mehrerer Figuren dargestellt und in der nachfolgenden Beschreibung näher erläutert. Es zeigt:

Fig. 1 eine schematische Darstellung mehrerer Codes während des Suchvorgangs,

Fig. 2 bekannte Autokorrelationsfunktionen,

Fig. 3 eine Summenkorrelationsfunktion,

Fig. 4 einen Ausschnitt aus einer Schaltungsanordnung zur Bildung der Summenkorrelationsfunktion, wie sie zur Durchführung des erfindungsgemäßen Verfahrens angewendet werden kann,

Fig. 5 eine schematische Darstellung verschiedener Codes und verschiedener Phasen des Suchvorgangs,

Fig. 6 Zeitdiagramme von Signalen und Autokorrelationsfunktionen bei dem erfindungsgemäßen Verfahren,

Fig. 7 ein Flußdiagramm zur Verdeutlichung des erfindungsgemäßen Verfahrens,

Fig. 8 eine Schaltungsanordnung zur Durchführung des erfindungsgemäßen Verfahrens,

Fig. 9 ein Diagramm zur Darstellung des Zusammenhangs zwischen der Anzahl der Korrelatoren und der Suchzeit und

Fig. 10 eine Darstellung von mehreren Nachführbereichen, wie sie nach Abschluß des Suchvorgangs möglich sind.

Gleiche Teile sind in den Figuren mit gleichen Bezugszeichen versehen. Ferner sind die Korrelatoren gleichlautend mit den ihnen zugeführten Codewörtern bezeichnet.

In dem Hauptpatent wird eine Möglichkeit angegeben, mit mehreren gleichzeitig suchenden Korrelatoren die Suchzeit gegenüber bekannten Verfahren zu verkürzen. Dieses Verfahren wird im folgenden als Parallelseriensuche bezeichnet. Dabei werden beispielsweise drei jeweils gegeneinander um eine Bitperiode phasenverschobene Codewörter gleichzeitig mit dem empfangenen Signal verglichen. Nach einer Pause wird der Vergleich mit anderen Phasenlagen fortgesetzt. In Fig. 1 sind hierzu n Bit lange Codewörter A, B und C dargestellt, welche jeweils von einer Pause unterbrochen sind, deren Dauer m Bit beträgt. In Fig. 1 läßt sich erkennen, daß die Dauer der Pause, die einen großen Teil der Suchzeit bestimmt, von der Breite der Auswertung am Zeitpunkt y abhängt. Je mehr gegeneinander phasenverschobene Codes gleichzeitig auf Korrelation mit dem empfangenen Signal S geprüft werden, desto größere Sprünge zwischen den durch die Pausen getrennten Codewörtern sind möglich. Ferner sind größere "Suchsprünge" möglich, wenn der Vergleich der Codes lediglich eine Aussage darüber ergeben soll, ob innerhalb eines "Parallelsuchpakets" irgendeine Übereinstimmung besteht.

Der im folgenden verwendete Begriff Suchbreite bezeichnet diejenige Phasenverschiebung zwischen dem erzeugten Code und dem im empfangenen Signal enthaltenen Code, welche noch zugelassen werden kann, damit eine Korrelation erkannt wird. Fig. 2a) stellt die Autokorrelationsfunktion eines Korrelators dar, wobei je nach Wahl der gestrichelt dargestellten Schwelle eine Suchbreite von $1/2$ Bit oder $1\ 1/2$ Bit gegeben ist. Bei Verwendung mehrerer paralleler Korrelatoren mit der niedrigeren Schwelle ergibt sich somit eine gesamte Suchbreite von $b = (k-1) \cdot 1,5 + 1$ (k = Anzahl der Korrelatoren).

In der Praxis wird jedoch die Suchbreite durch das dem empfangenen Signal überlagerte Rauschen eingeschränkt, so daß sich die in Fig. 2b) dargestellte Autokorrelationsfunktion ergibt. Die damit erzielte Suchbreite von 1 Bit gilt auch für jeden einzelnen von mehreren parallelbetriebenen Korrelatoren, wenn jedem Korrelator eine eigene Korrelationsauswertung, insbesondere eine Schwellwertschaltung, zugeordnet ist. Wird allerdings zunächst die Summe der Ausgangsspannungen der Korrelatoren gebildet und danach mit einem Schwellwert verglichen, so erhöht sich bei gleichem Schwellwert die Suchbreite, da sich die Ausgangsspannungen in den Übergangsbereichen addieren. Dieses ist in Fig. 3 dargestellt, wobei in Zeile a) die Summe der Ausgangsspannungen der Korrelatoren durchgezogen dargestellt ist, während die einzelnen Ausgangsspannungen in den davon abweichenden Bereichen gestrichelt gezeichnet sind.

Zeile b) der Fig. 3 stellt dasjenige Signal dar, welches eine Korrelation innerhalb der Suchbreite b kennzeichnet. Das in Zeile c) gestrichelt dargestellte Signal würde bei einer Einzelauswertung der Ausgangsspannungen der Korrelatoren entstehen und ist wegen der Unterbrechungen unbrauchbar.

Fig. 4 zeigt eine Schaltungsanordnung, mit welcher das in Fig. 3b) dargestellte Signal erzeugt wird. Dabei

wird das empfangene Signal als ZF-Signal über einen Eingang 1 den Korrelatoren A, B, C, D zugeführt. Außerdem erhalten die Korrelatoren jeweils einen im Empfänger erzeugten Code, wobei die Codes gegeneinander um $1\frac{1}{2}$ Bit phasenverschoben sind. An den Ausgang jedes Korrelators A bis D sind über Bandpaßfilter 2, 3, 4, 5 Detektorschaltungen 6, 7, 8, 9 angeschlossen, welche jeweils aus einem Hüllkurvendemodulator mit einem sogenannten Integrate-and-dump-Filter bestehen. Bei diesen Filtern wird der Integrationskondensator zyklisch entladen, so daß eine schnellere Anpassung an abfallende Ausgangssignale der Bandpaßfilter 2 bis 5 möglich ist.

Die Ausgangssignale der Detektorschaltungen 6 bis 9 werden über Widerstände 10, 11, 12, 13 an einem Eingang einer Schwellwertschaltung 14 summiert. Einem anderen Eingang der Schwellwertschaltung 14 wird die Schwellwertspannung U_s zugeführt. Am Ausgang 15 der Schwellwertschaltung steht dann das in Fig. 3b) dargestellte Signal an.

Durch den bisher dargestellten Suchvorgang nach dem Parallelseriensuchverfahren ist lediglich festgestellt, daß irgendwo innerhalb des in Fig. 3 dargestellten Phasenbereichs eine Korrelation mit dem empfangenen Signal besteht. Um die genaue Phasenlage der Übereinstimmung für die anschließende Nachführregelung zu bestimmen, folgt zunächst eine weitere Auswertung, bei welcher der in Fig. 3 dargestellte Parallelbereich von b Bit in $1/2$ -Bit-Schritten durchlaufen wird. Um den gesamten Bereich sicher zu überstreichen, wird deshalb der Suchkorrelator um 1 Bit gegenüber der erfolgreichen Parallelsuche zurückgeschaltet. Ein Zähler zählt die Anzahl der Schritte bis zum Erkennen der auf $1/2$ Bit genauen Lage. Bei vier Korrelatoren ($k = 4$) sind daher $(b + 1,5) \cdot 2 = 14$ Zählschritte erforderlich.

Bei den weiteren Erläuterungen des erfindungsgemäßen Verfahrens wird auf Fig. 5 Bezug genommen. Dabei sind in der mit S bezeichneten Zeile die in dem empfangenen Signal enthaltenen Codewörter dargestellt, die jeweils aus n Bit bestehen. Die Zeilen A bis D zeigen die den gleichlautend bezeichneten Korrelatoren zugeführten Codewörter. In einer ersten Phase, die in Fig. 5 mit Parallelsuche I bezeichnet ist, wird keine Korrelation eines der Codewörter A bis D mit dem im empfangenen Signal enthaltenen Code S festgestellt. Nach einer Pause von $5\frac{1}{2}$ Bit sind die Codewörter A bis D gegenüber dem Code S entsprechend phasenverschoben. Bei Y wird festgestellt, daß einer der Codes A bis D mit dem Code S korreliert. Durch die im Zusammenhang mit Fig. 4 erläuterte Summierung der Ausgangsspannungen der Korrelatoren ergibt sich jedoch keine Information darüber, daß dieses der Code B ist. Durch die Feststellung, daß einer der Codes A bis D korreliert, wird jedoch nach der Parallelsuche II auf eine Stufensuche III umgeschaltet, bei welcher der Code A zunächst um 2 Bit zurückgeschaltet wird und dann jeweils um $1/2$ Bit nach Ablauf jeweils eines Codewortes verzögert wird, bis eine Korrelation mit dem Code S eintritt.

Fig. 6 zeigt eine andere Darstellung der bereits im Zusammenhang mit Fig. 5 erläuterten Suchvorgänge. Dabei ist in Zeile a) eine Abweichung der Codes A bis D vom Code S vorhanden, bei welcher keiner der Korrelatoren anspricht, die Autokorrelationsfunktion AKF also unterhalb der Schwelle U_s liegt. Nach der Pause erfolgt die in Zeile b) dargestellte zweite Parallelsuche, wobei der Code B gegenüber dem Code S eine derart kleine Phasenabweichung aufweist, daß der entsprechende Wert der Autokorrelationsfunktion über der Schwelle

Us liegt. Die Schwellwertschaltung 14 gibt daher einen Spannungssprung (Zeile c)) ab, der zum Einschalten der Stufensuche führt. Dazu wird der dem Korrelator A zugeführte Code zunächst um 2 Bit zurückgesetzt und dann jeweils um $1/2$ Bit weitergeschaltet. Zum Erkennen, ob bei dieser Stufensuche eine Korrelation erreicht ist, wird das Ausgangssignal mit einer höheren Schwellwertspannung U_{s1} abgefragt, welche einer Breite des die Schwelle übersteigenden Teil der Autokorrelationsfunktion von $1/2$ Bit entspricht.

Bei dem in Fig. 6 dargestellten Beispiel erfolgt mit dem Start eines Zählers noch keine Korrelation. Deshalb ist in Zeile d) die Autokorrelationsfunktion lediglich gestrichelt dargestellt. Nach dem siebten Impuls (Zeile f)) wird jedoch eine Korrelation erreicht, worauf ein in Zeile e) dargestellter Sprung eines Ausgangssignals erfolgt, der eine anschließende Nachführregelung einleitet.

Eine weitere Erläuterung des erfindungsgemäßen Verfahrens erfolgt anhand eines Flußdiagramms gemäß Fig. 7. Nach dem Starten des Suchvorgangs bei 21 wird bei 22 geprüft, ob eine Übereinstimmung bei der Summe der Korrelatoren A, B, C, D vorliegt. Ist dieses nicht der Fall, so wird bei 23 eine Pause eingefügt. Dieser Vorgang wiederholt sich solange, bis eine Übereinstimmung festgestellt wird. Dann wird bei 24 die Pause von $5\frac{1}{2}$ Bit nach $1/2$ Bit umgeschaltet. Die Korrelatoren B, C, D werden ausgeschaltet und der Korrelator A um 1 Bit zurückgesetzt. Von da an erfolgt die Stufensuche. Der Stufenzähler (Fig. 6, Zeile f)) wird eingeschaltet. Danach wird bei 25 geprüft, ob im Korrelator A eine Übereinstimmung festgestellt wird. Ist dieses nicht der Fall, wird bei 26 der Code A um $1/2$ Bit verschoben. Die Vorgänge 25, 26 wiederholen sich solange, bis bei 25 eine Übereinstimmung des Codes A mit dem Code S festgestellt wird. Danach wird bei 27 die Suche beendet, der Zähler ausgewertet und darüber entschieden, welcher der Codes für die anschließende Nachführregelung benutzt wird. Schließlich wird die Nachführregelung aktiviert.

Fig. 8 zeigt ein Blockschaltbild einer Anordnung zur Durchführung des erfindungsgemäßen Verfahrens. Dabei entsprechen der Eingang 1 für das bandbreitengesprenzte ZF-Signal, die Korrelatoren A, B, C und D, die Bandpaßfilter 2 bis 5 und die Detektorschaltungen 6 bis 9 denjenigen, welche bereits im Zusammenhang mit Fig. 4 erläutert sind. An die Ausgänge der Bandpaßfilter 3, 4 sind weitere Hüllkurvendetektoren 31, 32 angeschlossen, welche ausgangsseitig mit Eingängen eines Differenzverstärkers 33 verbunden sind und Teile einer im einzelnen nicht näher dargestellten Nachführregelschleife bilden. Die Summierwiderstände 10 bis 13 und die Schwellwertschaltung 14 (Fig. 4) sind bei der Darstellung nach Fig. 8 zu einer Schaltung 34 zusammengefaßt, deren Ausgang 15 mit einem Eingang einer Logikschaltung 35 verbunden ist.

Die Auswertung der Ausgangsspannung des Korrelators A für die Zwecke der Stufensuche erfolgt in einer weiteren Schwellwertschaltung 36, die ebenfalls ausgangsseitig mit der Logikschaltung 35 verbunden ist. Die Schwellwertspannungen U_s und U_{s1} können bei dem in Fig. 8 dargestellten Ausführungsbeispiel in Abhängigkeit vom ZF-Pegel gesteuert werden. Dazu ist eine Detektorschaltung 37 vorgesehen, deren Ausgang mit entsprechenden Steuereingängen der Schaltungen 34 und 36 verbunden ist.

Aus einem Codeschieberegister 38 werden die gegeneinander phasenverschobenen Codes parallel in die Lo-

gikschaltung 35 übertragen. Dazu kann der im Schieberegister erzeugte Code 13-mal um jeweils 1/2 Bit verschoben werden. Von der Logikschaltung 35 wird eine weitere Logikschaltung 39 für die Suchpause gesteuert. Wie bereits im Zusammenhang mit den Fig. 5 bis 7 erläutert, wird bei der Parallelseriensuche zunächst eine Pause von beispielsweise 5 1/2 Bit eingefügt, während bei der Stufensuche eine Pause von 1/2 Bit eingelegt wird. Dazu wird ein bei 40 zugeführtes Taktsignal T entsprechend unterbrochen. Das Taktsignal T bzw. ein davon abgeleitetes Signal dient ferner zum Entladen der in den Detektorschaltungen 6 bis 9 enthaltenen Integrationskondensatoren.

Im Falle der Stufensuche wird ein Stufenzähler 41 gestartet, dessen Zählerstand der Logikschaltung 35 mitgeteilt wird. Wird beim Stufensuchen eine Übereinstimmung im Korrelator A erzielt, so gibt die Schwellwertschaltung 36 ein entsprechendes Signal an die Logikschaltung 35, worauf entsprechend dem Zählerstand des Stufenzählers 41 ein Code ausgewählt wird, der am Ausgang 42 in der richtigen Phasenlage zur Ansteuerung eines PSK-Demodulators bereit steht. Ferner werden ebenfalls entsprechend dem Zählerstand des Stufenzählers 41 Codes für die Korrelatoren B und C festgelegt, welche für die anschließende Nachführregelung verwendet werden, bei der das Ausgangssignal eines steuerbaren Oszillators über einen Eingang 43 und die Und-Schaltung 44 dem Codeschieberegister 38 zugeführt wird.

Fig. 9 stellt eine Funktion der Suchzeit in Abhängigkeit von der Anzahl der parallelen Korrelatoren dar. Dabei wird vorausgesetzt, daß ein Codewort 127 Bits umfaßt und daß eine Bitperiode $t_B = 0,41 \mu s$ beträgt. Da die Kurve schnell abflacht, erscheint die Verwendung von mehr als sieben Korrelatoren normalerweise kaum lohnend.

Fig. 10 zeigt die Autokorrelationsfunktionen, welche bei der Nachführregelung in Abhängigkeit vom Zählerstand am Ende der Stufensuche auswählbar sind. Dabei besteht jede Funktion aus einem positiven vom Korrelator B sowie aus einem negativen vom Korrelator C erzeugten Zweig.

Patentansprüche

1. Verfahren zur Synchronisierung eines Codewortes mit einem empfangenen spektral gespreizten Signal, wobei ein Suchvorgang oder eine Nachführregelung jeweils in Abhängigkeit davon aktiviert wird, ob eine Synchronisierung des Codewortes mit dem empfangenen spektral gespreizten Signal vorliegt, wobei das Codewort wiederholt in jeweils mehreren unterschiedlichen Phasenlagen erzeugt wird, mit den unterschiedlichen Phasenlagen jeweils mit dem empfangenen Signal gemischt wird und wobei ferner während des Suchvorgangs zwischen den wiederholt erzeugten Codewörtern Phasensprünge von mehreren Bitperioden erfolgen, dadurch gekennzeichnet, daß die durch die Mischung der Codewörter mit unterschiedlichen Phasenlagen mit dem empfangenen Signal entstehenden Signale nach jeweils einer Bandpaßfilterung und Hüllkurvendemodulation addiert werden und daß das dadurch entstehende Summensignal einer Schwellwertschaltung zugeführt wird, daß nach Ansprechen der Schwellwertschaltung der Suchvorgang in kleineren Schritten fortgesetzt wird und daß dabei ein ausgewähltes der gegeneinander

phasenverschobenen Codewörter mit dem empfangenen Signal gemischt wird und das Ergebnis der Mischung bei Überschreiten einer vorgegebenen Schwelle den Suchvorgang beendet.

2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die kleineren Schritte jeweils 1/2 Bitperiode betragen.

3. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, daß das Codewort mit vier unterschiedlichen Phasenlagen erzeugt wird und daß die Phasensprünge zwischen zwei aufeinander folgenden Wiederholungen des Codewortes 5 1/2 Bitperioden betragen.

4. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die kleineren Schritte gezählt werden und daß in Abhängigkeit vom Zählergebnis Phasenlagen für Codewörter ermittelt werden, die zur anschließenden Nachführregelung verwendet werden.

5. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die kleineren Schritte gezählt werden und daß in Abhängigkeit vom Zählergebnis eine Phasenlage für ein Codewort ermittelt wird, welches zur Demodulation des empfangenen spektral gespreizten Signals verwendet wird.

6. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die unterschiedlichen Phasenlagen sich jeweils um 1 1/2 Bitperioden von einander unterscheiden.

7. Anordnung zur Durchführung eines Verfahrens nach einem der Ansprüche 1 bis 6, dadurch gekennzeichnet, daß mehrere Korrelatoren (A bis D) vorgesehen sind, denen jeweils einerseits das empfangene Signal und andererseits eines der Codewörter mit unterschiedlichen Phasenlagen zuführbar sind, daß Ausgänge der Korrelatoren (A bis D) über Bandpaßfilter (2 bis 5) und Detektorschaltungen (6 bis 9) mit einer gemeinsamen Summierschaltung mit anschließender Schwellwertschaltung (10 bis 14; 34) verbunden sind und daß eine weitere Schwellwertschaltung (36) mit dem Ausgangssignal jenes der Korrelatoren (A) beaufschlagbar ist, der zum Suchvorgang in kleineren Schritten verwendet ist.

Hierzu 6 Seite(n) Zeichnungen

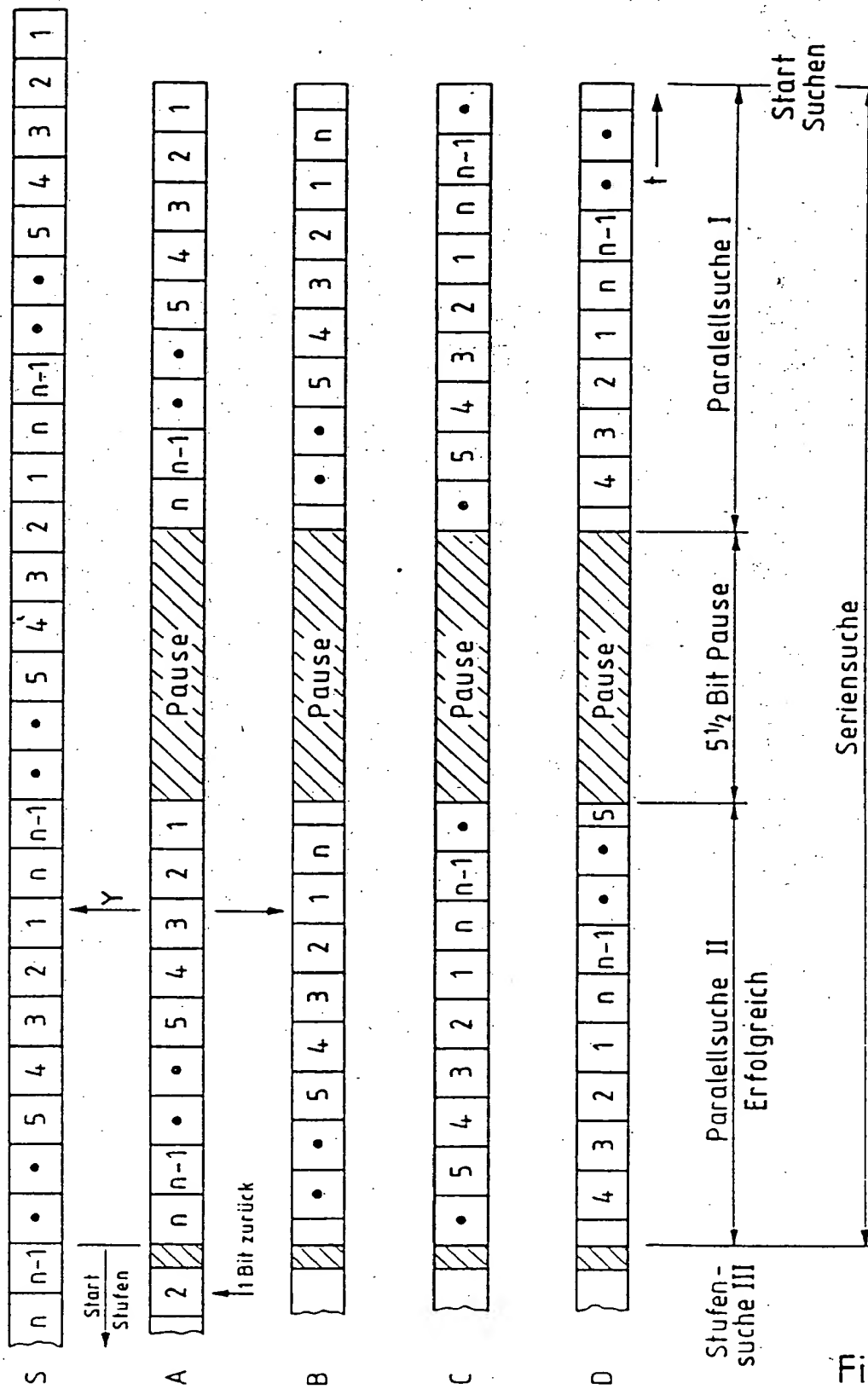


Fig. 5

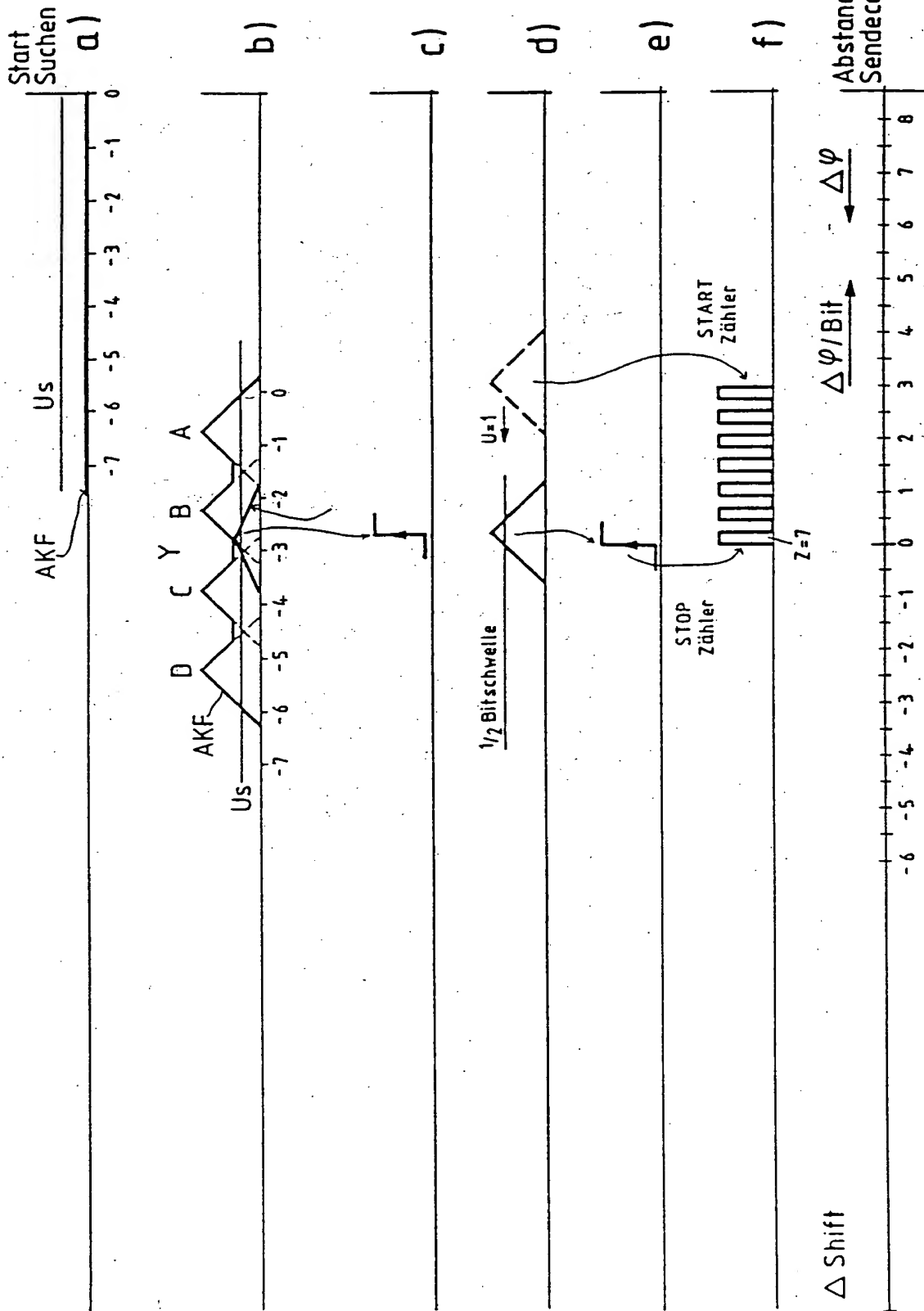


Fig. 6

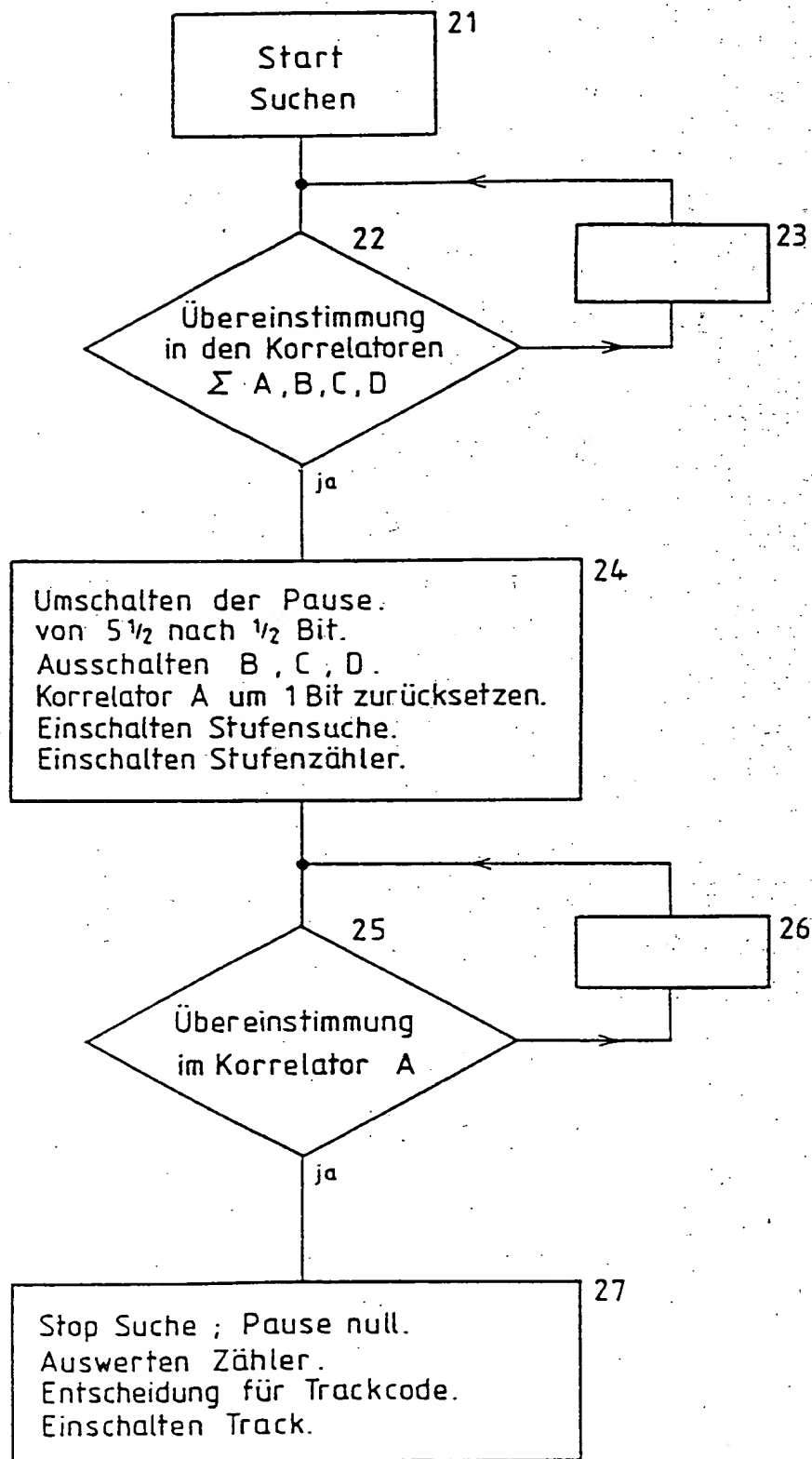


Fig. 7

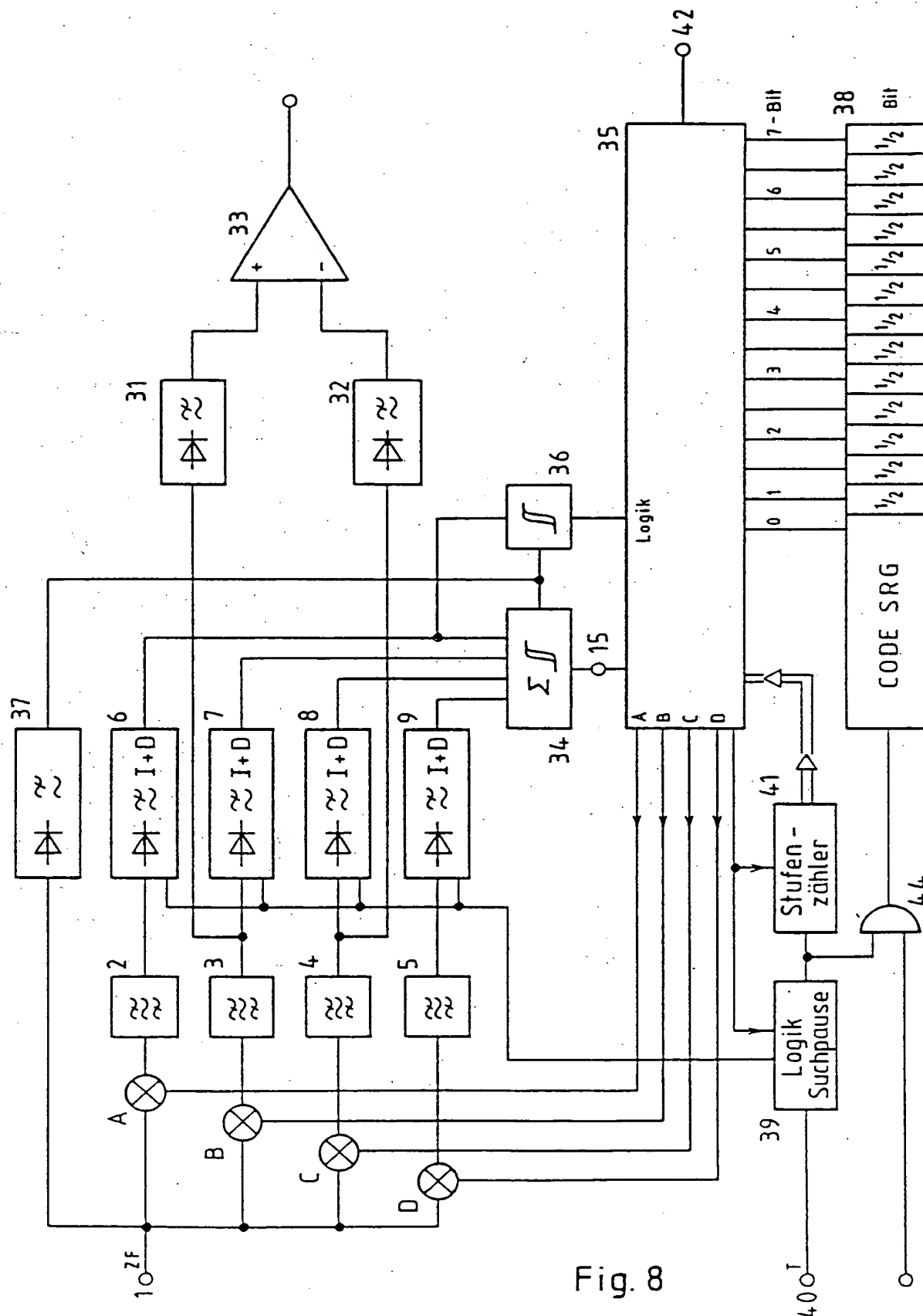


Fig. 8

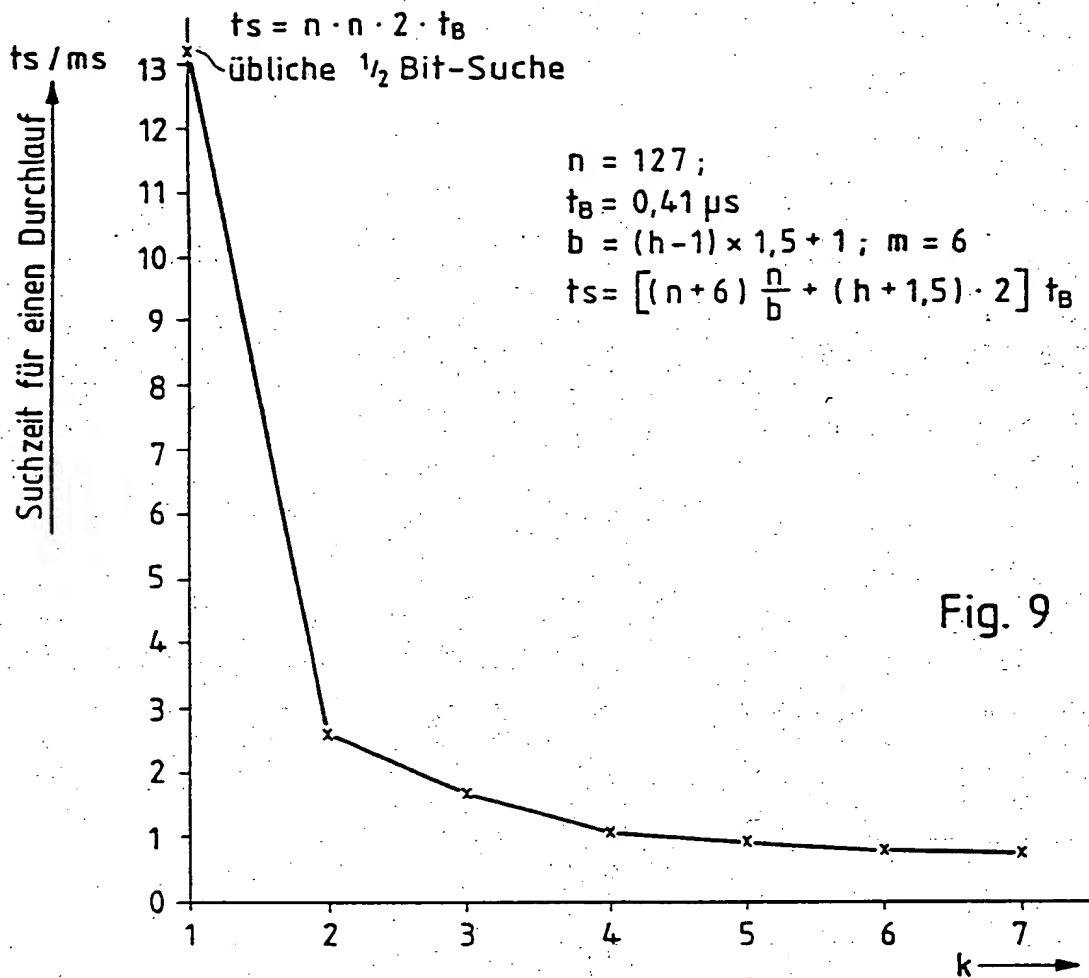


Fig. 9

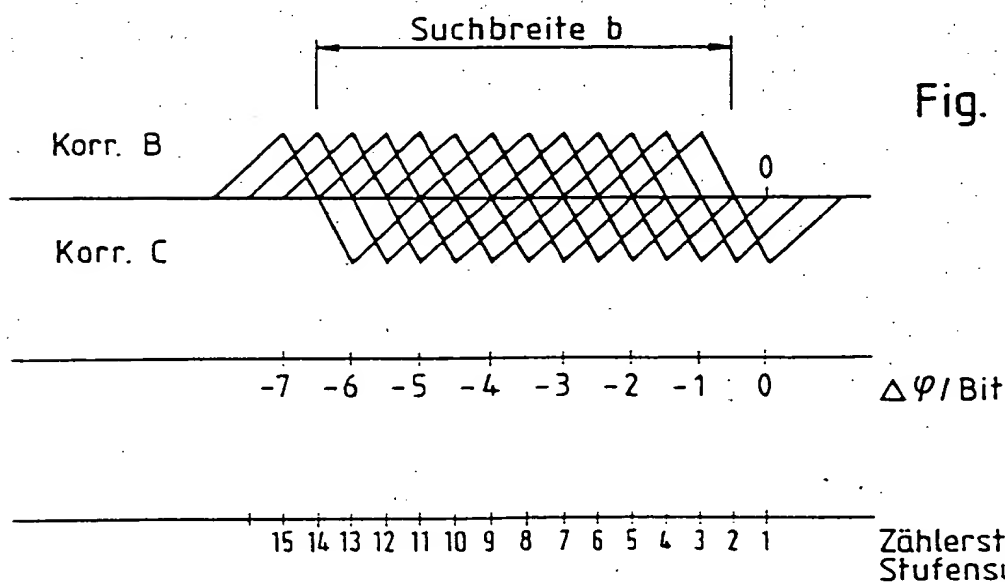


Fig. 10

